

# 深海底設置ハイドロフォンで検出された 泥流・混濁流に伴う音源の成因について\*

○岩瀬良一 (JAMSTEC)

## 1 はじめに

海洋研究開発機構(JAMSTEC)が日本周辺海域に設置している海底ケーブル型観測システムのうち、相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」(設置水深:1175 m, 以下「初島沖ステーション」)及び北海道釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」先端観測ステーション(設置水深:2540 m, 以下「十勝沖ステーション」)では、それぞれ近傍で発生した地震(2006年4月21日伊豆半島東方沖地震、並びに2003年9月26日十勝沖地震)に伴って泥流もしくは混濁流が発生した際、特異な音響信号が各観測システムに搭載されたハイドロフォンにより検出されている<sup>[1]</sup>。

一方、近年、河床土砂移動(bed-load transport)や落石(rockfall)などの研究分野において、礫や岩などの粒子の衝突に際して発生する音波と、粒子の衝突速度並びにその大きさもしくは質量との関係についての研究が理論並びに実験・観測の双方から進められている<sup>[2]-[4]</sup>。そこで今回はこれらの先行研究をもとに、各観測システム搭載のハイドロフォンで検出された前記の特異な音響信号の成因について考察した。

## 2 泥流・混濁流に伴う音響信号

### 2.1 相模湾初島沖：伊豆半島東方沖地震

2006年4月21日02:50 JSTに初島沖ステーションの南南西約7 kmにおいて発生した伊豆半島東方沖地震( $M_j$  5.8)では、初島沖ステーション搭載のビデオカメラにより02:54以降に泥流の流入、02:57に透過度計による透過光度の急減がそれぞれ観測されている。またADCP (Acoustic Doppler Current Profiler: 層別流向流速プロファイラ)により流速の増加が観測されており、計測対象の最下層(海底からの高度12 m)において、03:23に北東方向の最大流速27 cm/sを検出している<sup>[5]</sup>。ハイド

ロフォン(ITC-1010A)による音響信号は、ビデオカメラによる映像とともに、初島陸上局において民生品のビデオデッキを用いてS-VHS 210分テープに3倍モードのアナログ形式で録画・録音されており、これを48 kHzサンプリングのWAV形式ファイルに変換して解析に用いた。音響信号には、全体を通してバースト的に電気ノイズが混入している。また地震発生後2分間程度、即ち02:52までは地震動により信号レベルがほぼ飽和している。検出された特異な音響信号は、礫の衝突音と推定されるパルス的な信号、及び「ザー」という広い周波数帯域を有するホワイトノイズ的な音である<sup>[1]</sup>。これらの検出時刻は、信号レベルが地震動による飽和から復帰しつつある02:52後半から、映像により泥流流入が確認された02:55までとなっている。それ以降はデータが残っている範囲、即ちビデオテープによる録画が終了する03:15まで検出されていない。この地震で検出された礫の衝突音と推定されるパルス的な信号の波形例及びそのスペクトルをFig. 1及びFig. 2にそれぞれ示す。本例では最大のピークに対応する周波数は1.7 kHzとなっている。他の検出波形についてもそのピークの周波数は0.5 kHzから3 kHzの範囲に分布している。

伊豆半島東方沖における泥流の検出を伴う地震は、これ以前にも複数回発生しており、このうち今回は、1997年3月4日12:51 JSTに発生した地震( $M_j$  5.7)の音響信号を調査した。当時の観測システムは更新前の前世代のものである。ハイドロフォン及び収録形式はほぼ同様で、S-VHS 120分テープに標準モードのアナログ形式で録画・録音されているが、交流給電に起因する50 Hz及びその高調波のハムノイズが常時重畳している。このハムノイズのため、ホワイトノイズ的な信号の確認は現時点では困難だが、礫の衝突音と推定さ

\* Investigation of the origin of the sound source associated with mudflow and turbidity current detected with a hydrophone deployed on deep seafloor, by IWASE, Ryoichi (JAMSTEC).

れるパルス的な信号は、前記地震時と同様に、地震発生直後の 12:51 から、映像による泥流入開始確認直後の 13:01 までの間に検出されている。なお、初島沖システム搭載の電磁流向流速計により計測された海底直上の流速は、13:30 前後に東方向の最大流速約 24 cm/s を検出している<sup>[6]</sup>。

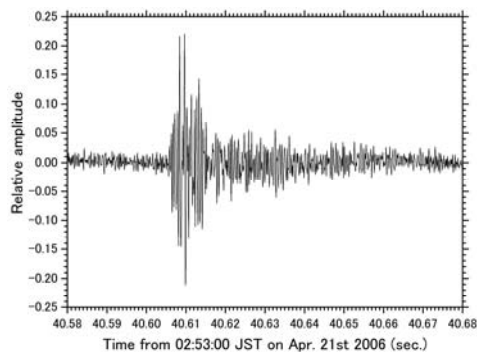


Fig. 1 Waveform observed at 02:53 JST on Apr. 21st 2006. 1 kHz high-pass filtered.

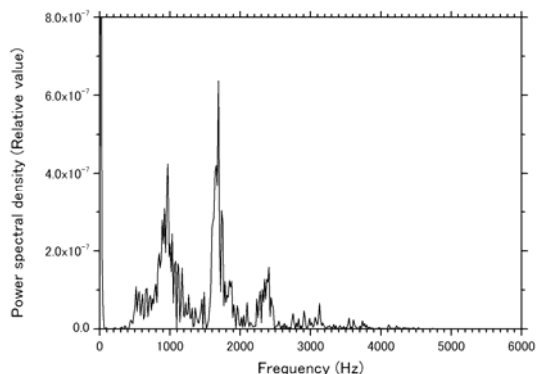


Fig. 2 Power spectral density of the non-filtered waveform shown in Fig. 1.

礫のような粒子が衝突する際に発する音波の周波数と、粒子の粒径並びに衝突速度間の関係については、近年の河床土砂移動の研究から、以下のような単純な関係式で表わされることが報告されている<sup>[3]</sup>。

$$f = 162U^{0.2} / D \quad (1)$$

ここで、 $f$ : 中心周波数(Hz),  $U$ : 衝突速度(m/s),  $D$ : 粒径(m)。

Fig. 1, 2 に示した波形について、中心周波数をピーク周波数と同じ 1.7 kHz とし、泥流の最大流速をもとに衝突速度をオーダーとして 1 m/s と仮定すると、(1)式から礫の粒径は 10 cm 程度と推定される。一方、ホワイトノイズ的な信号の音源の成因は、発生時刻が礫の衝突音と同様の時刻であり、広帯域の周波数成分を有することから、泥流を生じさせるような大規模かつ様々な粒径の礫の衝突が斜面上方の遠方で発生したものと推定される。

## 2.2 釧路・十勝沖：2003 年十勝沖地震

十勝沖ステーションの西北西約 25 km を震央として 2003 年 9 月 26 日 04:50 JST に発生した十勝沖地震(MJ 8.0)では、ADCP や電磁流向流速計により、最大流速約 1.5 m/s に達する混濁流が検出されている<sup>[7]</sup>。ハイドロフォン(ITC-1010)による音響信号はサンプリング周波数 100 Hz の連続収録であり、Fig. 3 に示すように混濁流が到達した 7 時以降は 10 Hz 未満の比較的広帯域の音響信号が検出されているが、16 時以降はピーク周波数が 1 Hz 前後の信号が検出されている。これらの値を  $f$  や  $U$  と仮定して(1)式に当てはめると、直径数十 m 以上の巨岩となってしまう。音響信号の観測周波数帯域が初島沖システムとは異なるものの、初島沖で検出された泥流とは、適用原理もしくは検出された信号の成因が異なる可能性があり、今後検討を要する。

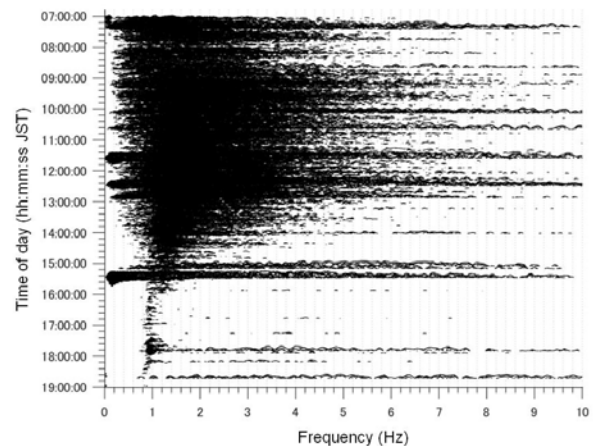


Fig. 3 Temporal variation of power spectral density of the acoustic signal.

## 参考文献

- [1] 岩瀬, 音講論 (春), 1281-1282, 2014.
- [2] Throne, Earth Surf. Dynam., **2**, 531-543, 2014.
- [3] Rickenmann, J. Hydraul. Eng., **143**(6), DOI:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001300, 2017.
- [4] Farin *et al.*, J. Geophys. Res. Solid Earth, **120**, DOI:10.1002/2015JB012331, 2015.
- [5] R. Iwase *et al.*, Proc. UT and SSC 07, 472-475, DOI:10.1109/UT.2007.370765, 2007.
- [6] 岩瀬ほか, JAMSTEC 深海研究, **14**, 301-317, 1998.
- [7] 岩瀬, 満澤, JAMSTEC 深海研究, **24**, 63-77, 2004.